

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Pada bab ini dilakukan pembahasan tentang teori-teori yang melandasi penelitian, teori-teori tersebut diantaranya meliputi: *Vehicle routing problem with time windows* (VRPTW), Honey Bee Mating Optimization (HBMO), *Simulate Annealing* dan perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

#### 2.1. Vehicle Routing Problem with Time Windows

Menurut Amri, VRPTW merupakan cabang dari VRP dengan pelanggan yang memiliki batasan atau kendala berupa jeda atau interval waktu tertentu untuk dilayani atau didatangi yang dikenal dengan istilah *time windows*. Waktu yang diperhatikan dalam kasus ini adalah waktu saat meninggalkan depot, waktu tempuh menuju pelanggan dan waktu pelayanan pada pelanggan [5].

Menurut Saputri, VRPTW merupakan perancangan rute kendaraan dengan biaya rendah untuk melayani beberapa lokasi atau pelanggan yang memiliki priode waktu pelayanan atau *time windows*, dimana tiap pelanggan hanya dilayani satu kali dan perjalanan dimulai dan berakhir di sebuah depot [6].

Menurut Nugraha, VRP merupakan permasalahan penentuan rute dimana seorang Salesmen mendatangi beberapa kota dan tiap kota hanya didatangi oleh satu Salesmen yang berangkat dari suatu depot dan di akhir perjalanan harus kembali ke depot tersebut. Kota dianggap sebagai sebuah konsumen atau *demand*, dan setiap kendaraan memiliki batas jumlah *demand* yang dapat dilayani dalam melewati suatu rute.

VRPTW merupakan perluasan dari VRP dengan tambahan *time windows* pada tiap-tiap konsumen. Kendaraan dapat datang sebelum waktu buka tetapi konsumen belum dapat dilayani sampai *time windows* buka. Jika datang setelah waktu tutup maka konsumen tidak dilayani [7].

Dari penjelasan di atas dapat diambil garis besar bahwa *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan masalah perancangan rute distribusi dengan biaya rendah untuk kendaraan yang harus melakukan perjalanan untuk mengantar dan/atau menjemput orang atau barang ke beberapa titik, kendaraan berangkat dan berakhir di tempat yang sama atau di suatu depot, serta rute harus diperhitungkan agar setiap titik hanya dilayani atau dikunjungi satu kali saja. VRP telah dipelajari secara luas semenjak diperkenalkan oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959. Sedangkan *Vahicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) adalah

peluasan dari VRP, dimana terdapat *time windows* pada tiap-tiap titik sebagai kendala tambahan. Waktu ketersediaan setiap tempat dapat berbeda-beda dan dinyatakan dalam selang waktu sehingga mengharuskan kendaraan mendatangi setiap tempat pada *time frame* tertentu. Tiap tempat harus didatangi saat atau setelah waktu awal, dan sebelum waktu akhir. Jika kendaraan datang sebelum dari waktu awal, maka akan mendapatkan pinalti berupa waktu tunggu. Kendaraan yang datang setelah waktu akhir juga akan mendapatkan pinalti. Terdapat pula waktu kunjungan yang diperlukan untuk mengunjungi tiap tempat.

## 2.2. Honey Bee Mating Optimization (HBMO)

Dalam koloni lebah madu biasanya terdapat ribuna lebah jantan dan lebah pekerja yang mengelilingi seekor lebah ratu. Suatu koloni dapat mempunyai satu ekor atau lebih lebah ratu dalam suatu generasi. Ratu hanya bertugas untuk bertelur dan dapat hidup hingga 6 tahun. Sedangkan usia lebah jantan tidak lebih dari 6 bulan, begitu pula dengan lebah pekerja.

Telur-telur lebah ratu didapatkan setelah proses membuahan oleh lebah-lebah jantan. Akan tetapi setelah proses perkawinan ini lebah jantan akan mati. Sedangkan lebah pekerja bertugas untuk menjaga dan memelihara bayi lebah, serta memberi makan anggota koloni. Jika ada bayi lebah yang mempunyai kualitas genetik sama atau melebihi ratu, maka akan dipersiapkan untuk mengganti ratu sebelumnya.

Lebah ratu akan terbang diikuti oleh beberapa ekor lebah jantan untuk melakukan proses perkawinan. Kemudian ratu akan menunjukkan bahwa ia siap dibuahi dengan melakukan sebuah tarian. Lebah ratu akan melakukan proses perkawinan di udara dengan lebah jantan yang dapat menyesuaikan kecepatan terbang ratu.

Di tiap perkawinan, sperma jantan akan ditampung di dalam *spermathecal* lebah ratu. Ketika energi ratu untuk terbang telah habis atau sperma yang tertampung sudah cukup, maka proses perkawinan berakhir. Sperma yang telah tertampung di *spermatheca* akan diambil satu-persatu untuk membuahi sel-sel telur dari ratu. telur-telur yang telah dilahirkan akan dirawat oleh lebah pekerja, lebah pekerja juga akan memeriksa apakah terdapat telur yang pantas menjadi ratu selanjutnya.

Berdasarkan penjelasan di atas, algoritma HBMO dapat diurutkan sebagai berikut:

- a. Inisialisasi *genotype* lebah ratu dan lebah jantan;
- b. Proses perkawinan dengan mengisi *spermatheca* ratu dengan sperma lebah-lebah jantan yang dipilih secara probabilistik;
- c. Proses perkawinan silang (*crossover*) atau membuahan antara sel telur ratu dan sel sperma lebah jantan yang terdapat di *spermatheca*;

- d. Individu-individu baru yang telah lahir akan diperiksa oleh lebah pekerja, jika memungkinkan lakukan modifikasi *genotype* individu baru dengan proses mutasi dengan memanfaatkan *royal jelly* dari lebah pekerja;
- e. Jika ada individu baru yang memiliki kualitas *genotype* lebih baik dari ratu, maka ratu diganti dengan individu (*best solution*) tersebut dan lakukan proses perkawinan kembali untuk generasi selanjutnya [8].

### 2.3. *Simulated Annealing*

Algoritma *simulated annealing* (SA) dikenalkan pada tahun 1959 oleh Metropolis *et al.* Pada pembuatan kristal suatu material benda padat terdapat proses penurunan suhu yang bertujuan untuk mengeraskan strukturnya, yang disebut dengan proses *annealing*. Proses tersebut diawali dengan melakukan pemanasan hingga mencapai titik tertentu, sehingga dalam tingkat energi yang tinggi ini atom-atom bergerak bebas. Kemudian suhu diturunkan secara perlahan dengan tujuan mengurangi energi ke tingkatan yang lebih rendah. Energi yang dicapai sistem akan semakin rendah jika laju pendinginan semakin lambat. Dalam kondisi energi yang minimal tersebut diharapkan atom-atom berada pada posisi optimal.

Algoritma SA dapat disebut sebagai algoritma *local search* yang kadang menghasilkan solusi yang tidak lebih baik atau memiliki biaya lebih besar, dengan harapan pencarian ini dapat menghasilkan solusi dari titik minimum lokal. Kondisi inilah yang membedakan algoritma SA dengan algoritma *local search* biasa, yaitu menghasilkan solusi baru dari probabilitas tertentu untuk menemukan nilai minimum global berdasarkan sebuah fungsi yang mempunyai beberapa nilai minimum lokal.

Secara umum urutan langkah algoritma SA dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Tentukan solusi awal  $x_0$ .
- b. Tentukan suhu awal  $T_0$ , suhu akhir  $T_i$  dan *cooling rate*  $a$ .
- c. Bangkitkan variabel awal  $x_0$  sebagai variabel sekarang  $x_i$ .
- d. Hitung fungsi sekarang  $f(x_i)$ .
- e. Bangkitkan secara acak variabel baru  $x_{i+1}$ .
- f. Hitung fungsi baru  $f(x_{i+1})$ .
- g. Bangkitkan bilangan acak  $r$  yang bernilai antara 0-1.
- h. Lakukan pilihan:
  - (1) Jika nilai  $r < \exp \{ ((f(x_i) - f(x_{i+1}))/T) \}$ , maka terima variabel baru dan fungsi baru sebagai variabel sekarang dan fungsi sekarang.
  - (2) Jika tidak, maka tolak variabel baru dan fungsi baru.
- i. Lakukan pilihan:

- (1) Jika mencapai kriteria berhenti atau mencapai suhu  $T_r$ , maka hentikan proses.
- (2) Jika belum, maka lakukan penurunan nilai suhu  $T$  secara perlahan dengan mengalikannya dengan *cooling rate*  $a$ , lalu mengulangi lagi dari langkah 'e' [9].

#### 2.4. Penelitian Sebelumnya

1. Penelitian yang dilakukan oleh Nurizal Dwi Priandani dan Wayan Firdaus Mahmudy dengan berjudul *Optimasi Travelling Salesman Problem with Time Windows* pada penjadwalan paket rute wisata di Pulau Bali menggunakan Algoritma Genetika. Dalam penelitian tersebut digunakan Algoritma Genetika (AG) untuk mengatasi TSP-TW dengan menggunakan seleksi *roulette wheel*, serta menggunakan metode *partially matched crossover (PMX)* dan dengan ketentuan lama kunjungan tiap tempat yaitu 2 jam. Menghasilkan kesimpulan bahwa AG dapat digunakan untuk mengatasi *Travelling Salesman Problem with Time Windows* pada kasus penentuan rute wisata Pulau Bali beserta penjelasan parameter untuk mengoptimalkan pemilihan rute wisata [10].
2. Alim Setiawan Slamet, Hariman Hidayat Siregar dan Aziz Kustiyo meneliti tentang *Vehicle Routing Problem (VRP)* dengan AG pada pendistribusian sayuran dataran tinggi diteliti. Menggunakan Algoritma Genetika untuk mengatasi VRP pada kasus perencanaan jalur distribusi sayur dataran tinggi menggunakan metode *greedy* dan *tournament selection*. pencarian solusi dilakukan dengan beberapa kali uji coba yang menggunakan beberapa nilai probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) dan nilai probabilitas mutasi ( $P_m$ ). kesimpulan penelitian menghasilkan pengurangan waktu pengiriman sebesar 1 jam 58 menit dan efisiensi sebesar 32% dan pengurangan jumlah armada dengan efisiensi 14% [11].
3. Dwi Aries Suprayogi dan Wayan F. Mahmudy melakukan penelitian tentang Penerapan Algoritma Genetika *Traveling Salesman Problem with Time Window*: studi kasus rute antar jemput *laundry*. Dalam penelitian tersebut diterapkan Algoritma Genetika pada VRPTW yang diterapkan pada 2 dataset yang didapatkan dari *google maps* untuk menyusun rute antar jemput *laundry*. Menggunakan seleksi elitis dan *roulette wheel* serta metode *partially matched crossover (PMX)*. Kesimpulan penelitian menyatakan dibandingkan dengan metode seleksi *roulette wheel*, metode seleksi *Elitis* terbukti lebih baik dan lebih stabil. Dari hasil pengujian didapat nilai generasi yang optimal dengan jumlah 2000 generasi, dengan probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang optimal yaitu dengan nilai masing-masing 0,4 dan 0,6. Nilai optimal parameter dipengaruhi oleh dataset yang digunakan. Didapatkan solusi

yang memungkinkan untuk melayani semua pelanggan dengan nilai-nilai parameter yang telah didapat [2].

*Tabel 2.1. Perbandingan penelitian sebelumnya*

<b>Penulis</b>	<b>Tahun</b>	<b>Metode</b>	<b>Kasus</b>	<b>Fitur</b>
Nurizal Dwi Priandani dan Wayan Firdaus Mahmudy	2015	TSPTW dengan Aalgoritma Genetika	penjadwalan paket rute wisata di Pulau Bali	Parameter: waktu buka-tutup, dan Lama kunjungan pada setiap tempat yaitu 2 jam, Menggunakan seleksi <i>roulette wheel</i> , Serta menggunakan metode <i>partially matched crossover (PMX)</i> .
Alim Setiawan Slamet, Hariman Hidayat Siregar dan Aziz Kustiyo	2014	VRP dengan AG	Diterapkan pada perencanaan jalur distribusi sayur dataran tinggi	Parameter: kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan dan permintaan, Populasi awal di bentuk dengan algoritma <i>greedy</i> , Menggunakan <i>tournament selection</i> .
Dwi Aries Suprayogi dan Wayan F. Mahmudy	2015	VRPTW dengan AG	Diterapkan pada 2 data set yang didapatkan dari <i>google maps</i>	Parameter: jarak antar pelanggan, waktu buka-tutup, Menggunakan seleksi elitis dan <i>roulette wheel</i> , menggunakan metode <i>partially matched crossover (PMX)</i> .
Penulis	2018	VRPTW dengan HBMO	Diterapkan pada perencanaan jalur wisata di Malang	Parameter: kemacetan, Waktu buka-tutup, Durasi rata-rata kunjungan tiap tempat, jarak dan waktu tempuh antar tempat. Menggunakan metodeseleksi <i>simulated annealing</i> , Serta <i>Precedence Preservative Crossover (PPX)</i> .